

神戸大学大学院
神戸大学工学部
徳山工業高専
(株)中電技術コンサル

学生員
フェロー・正会員
正会員
正会員

○松尾昌和・白澤静敏
神田徹・道奥康治
大成博文
松尾克美

1. はじめに

富栄養貯水池においては底層が貧酸素化し、有機物が分解されないまま多量に堆積するため様々な水質障害が発現する。本研究で対象とした貯水池は最大水深 32m、水平延長約 1000m の V 字渓谷であり、交換率が低く、成層化しやすいため、深層に無酸素水塊が形成され、9～11 月に最も拡大する。また底層では溶存物質が高濃度に集積しているため底層水の高塩分が比重を増大させ、冬季においても成層が消失しない部分循環湖である。ここでは深層曝気を目的とし、マイクロバブルを用いた再曝気・水質浄化を試み、曝気による水質の変化、浄化システムの改善などを報告する。

2. 曝気による水質変化

図-1 の水質浄化装置を用いて 1999 年 3 月 11 日から運転を開始し、送気空気量を図-2 に示すように、貯水池の状況を把握して適宜変化させた。基準点で観測された溶存酸素濃度 DO、電気伝導度 EC、水温の季節変化をそれぞれ図-3, 4, 5 に示す。例年よりも無酸素層の拡大が抑制され、2000 年 1 月に至っては本観測史上初めて無酸素層が消滅したことが図-3 より確認される。さらに図-4 の EC についても、底層の高濃度層の発達が抑制され 2000 年 1 月に消滅した。また、図-5 の水温分布においては、曝気によって水温成層が一様化していることが確認される。以上のことから曝気による鉛直混合で 2000 年 1 月に本貯水池は全層循環に至ったことを表している。

3. 水質浄化システムの改善

鉛直循環を促進した一つの要因として、エアレータから副次的に発生する大気泡が考えられる。本実験の目的は成層破壊を起こさずに深層のみを曝気することにあるため、大気泡の発生量を削減する必要がある。水中カメラで気泡発生状況を確認したところ、マイクロバブルがフード内に滞留して合体し、大気泡となっていることが判明した(図-6 参照)。そこでフードを取り外してマイクロバブル発生率の向上を試みた。図-7、

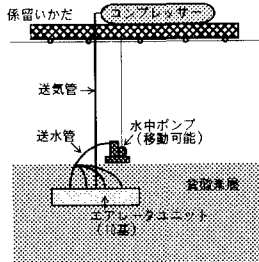


図-1 水質浄化装置

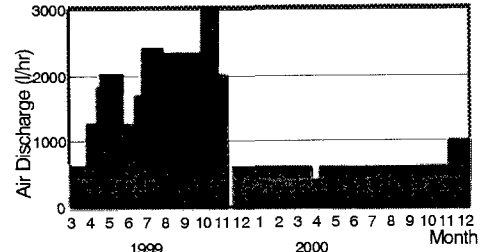


図-2 コンプレッサからの送気量 (10 基合計)

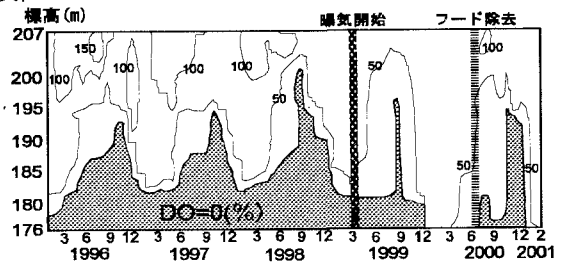


図-3 溶存酸素 (DO) の季節変化

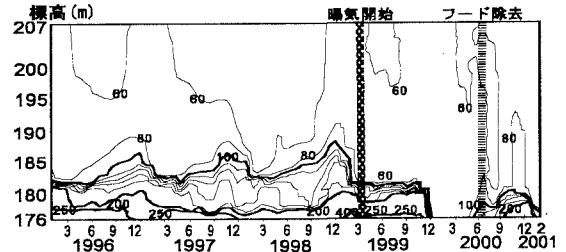


図-4 電気伝導度 (EC) の季節変化

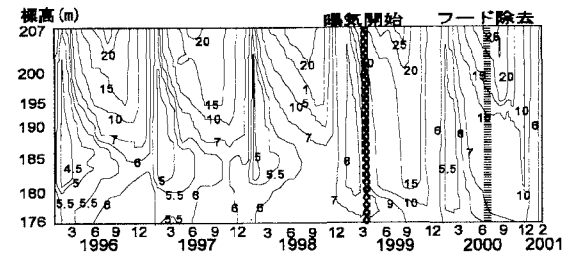


図-5 水温の季節変化

8に水温とDO飽和度の鉛直分布を示す。フードを除去した Case-B では水温成層が維持されており、中・下層において上層との混合が少なかったにもかかわらず、DO に関しては、2000 年 8、9 月に好気的狀態を維持していることがわかる。しかし、10、11 月には中・下層において無酸素狀態を呈している。これは酸素消費量に対して、供給量が追いつかなかったものと思われる。そこで酸素減少速度から曝気効率について本曝気装置による影響が期待される水深 13m 以深を対象に考えた。表-1 に貯水池（水深 13m 以深）の酸素減少速度を表す。'99 年は曝気以前と比べて酸素消費速度が抑えられており曝気効果が認められるが、2000 年（フード有）の時期は曝気量を減らしすぎたために曝気以前の水準まで戻っている。しかし、フード除去後は同じ曝気量であったにも関わらず減少速度が大幅に軽減されている。

表-1 貯水池（水深 13m 以深）の酸素減少速度（g/m³/月）

減少期間	96年2～11月	97年2～11月	98年2～9月
減少速度	1.18	1.39	1.1
	99年4～9月	2000年(フード有)2～7月	2000年(フード無)8～10月
	0.954	1.25	0.796

4. 送気量の決定

曝気量の不足が問題となったため、酸素量の季節変化から酸素消費量を求め、必要な送気量の算定を以下の式に基づいて行なった。ここでは曝気効果を期待できる水深 13m 以深について検討した。

$$(\text{必要送気量}) \times (\text{溶解効率}) = (\text{酸素減少量} = \text{酸素要求量}) \quad (1)$$

$$(\text{溶解効率}) = (\text{酸素増加量} = \text{曝気後の酸素量} - \text{曝気前の酸素量}) / (\text{全層気量}) \quad (2)$$

式-(2)より溶解効率を計算した結果、フード有りでは 0.0822、フード無しでは 0.128 となった。この溶解効率と式-(1)より求めた必要送気量を表-2 に示す。ここで、酸素減少量とは表-1 により求められた減少速度にその年の減少期間と貯水池容積（水深 13m 以深）を乗じたものである。この結果からフード有りの場合よりもフード無しの場合の方が効率がよいことが分かる。しかし、送気量をエアレータ 1 基あたり 60(l/h)以上にすると副次的に発生する大気泡も増えることから、現在ではエアレータの数を 20 基にして 1 基あたりの送気量を 60(l/h)、合計 1200(l/h)の空気を供給している。

5. むすび

マイクロバブル・エアレータにより富栄養化貯水池の水質浄化実験を行った。システムを改造してマイクロバブル構成比が向上した。必要送気量を算定し、それに伴いエアレータの設置台数を増やした。今後、特に深層の水質変化に注目し、より効率の高い浄化システムを開発していきたい。

(参考文献)

- 1) 神田・大成・道奥・白澤・松尾：富栄養貯水池における水質浄化実験，関支部年講，2000。

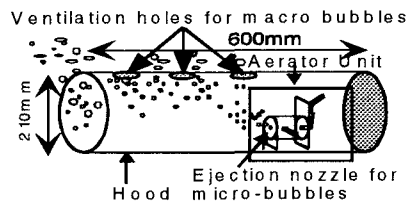


図-6 フード装着時の気泡発生状況

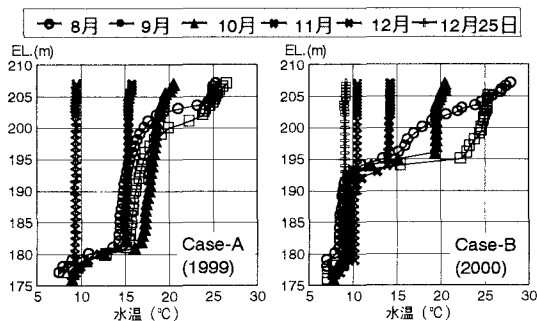


図-7 水温の鉛直分布

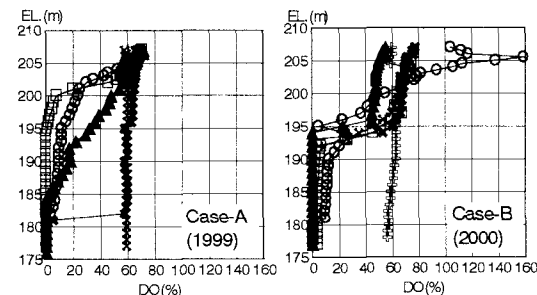


図-8 DO 飽和度の鉛直分布

表-2 水深 13m 以深における曝気以前の必要送気量

	フード有り	フード無し
1995 年	2700	1800
1996 年	2400	1500
1997 年	2800	1800
1998 年	2200	1400
平均	2500	1600